

## ハタハタ卵の卵色に関する研究

著者	中村 弘二
号	259
発行年	1983
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/16891">http://hdl.handle.net/10097/16891</a>

氏 名（本籍）            なか            むら            こう            じ  
                                 中            村            弘            二

学 位 の 種 類            農            学            博            士

学 位 記 番 号            農            第            2 5 9            号

学位授与年月日            昭和 5 9 年 2 月 9 日

学位授与の要件            学位規則第 5 条第 2 項該当

学 位 論 文 題 目            ハタハタ卵の卵色に関する研究

論 文 審 査 委 員    (主 査)

教授 秦            満 夫            教授 野 村            正

教授 川 崎            健

# 論文内容要旨

## 序 文

ハタハタ (Arctoscopus Japonicus) は、夏期には日本海の水深 300 ~ 500 m の海底に棲息する魚である。冬期、産卵に当っては、海面近くに浮上し水深 1 ~ 2 m ほどの沿岸の藻場に団塊状の卵を産卵する。その卵は赤色や緑色の非常に変化に富んだ多様な色調を呈する。こうしたハタハタ卵も物理化学的变化によって一様に赤変することから、脊椎動物には報告の少ない、水溶性のカロテノイドタンパク質複合体の存在が考えられる。そこで、ハタハタ卵を試料として、その卵色の発現機構を調べ、カロテノイドの存在形態を明らかにし、そうした色素のもつ生物学的、生化学的役割について考察を加えるため本研究を進めた。

## 結 論

1. カロテノイドの分析によると、ハタハタ体表にはルテイン、卵にはビタミン A<sub>2</sub>、アルデヒド、イドザンチン、クラスタザンチンが存在した。筋肉にはカロテノイドは認められなかった。一方、胃内容物には、TLC 上 6 つのカロテノイドのスポットが認められた。その主要なものは、アスタキサンチン及びそのエステルで、カロテノイドのほとんど大部分を占めていた。こうしたカロテノイド組成は、ハタハタのカロテノイド修飾系が他の魚とは著しく異なり、アスタキサンチン → イドザンチン → クラスタザンチンと還元的に進むことを示唆している。こうしたカロテノイドの還元系についての研究は少なく、非常に興味深い。体表のルテインは、今までの報告などからみて、アスタキサンチンから転換したのではなく、餌生物に含まれている微量のルテインを長期かつ、持続的に蓄積した結果によると考えられる。
2. カロテノイドと卵色との関係を調べてみると、卵色はイドザンチンの量にほぼ一元的に依存し、卵色が赤くなるに従ってイドザンチン量が増大してい

くことが明らかとなった。こうしたカロテノイドの蓄積は、緑色卵にもカロテノイドが存在することから、遺伝的要因というよりは、むしろ、環境的要因、すなわち、卵の成熟過程での親魚の餌の量、種類に負うところが大きいと考えられる。

3. こうしたカロテノイドが、ハタハタ体内でどのような生理的役割を果たしているのかは不明である。

ハタハタは、橈脚類を中心とした甲殻類を摂取し、多量のカロテノイドが取り込まれていると考えられるにもかかわらず、体表には、ルテイン以外のカロテノイドを蓄積しないし、また、ハタハタは、水深400 m付近の光のほとんどない領域に棲息していて、光感作用や保護色などの有光層に棲息する生物と同じ生理的役割は考えられないことから、ハタハタは、本質的にルテイン以外のカロテノイドを必要としていないのではないかと考えられる。

ハタハタ卵中には、ビタミンA<sub>2</sub>アルデヒドが認められたが、イドザンチン、クラスタザンチンと異なり、これが生長や視覚色素として重要な生理的意義をもっていることは良く知られている。今までの水産動物におけるビタミンAアルデヒドに関する研究によると、海産魚卵中にビタミンA<sub>2</sub>アルデヒドの存在を報告した例は極めて少なく、ニシンとマダラであるのみで、その生合成系のみならず、海産魚での分布といったものが注目されるが、本論文では、精査していないため、今後、これらの点について研究することが必要である。

4. ハタハタ卵中では、カロテノイドはカロテノイドーリポタンパク質複合体(CP)として存在していた。しかも2種類存在し、1つは、ビタミンA<sub>2</sub>アルデヒドを補欠分子団とする黄色のビタミンA<sub>2</sub>アルデヒドーリポタンパク質複合体(YCP)、もう1つは、イドザンチン、クラスタザンチンを補欠分子団とする赤いカロテノイドーリポタンパク質複合体(RCP)である。しかし、YCPでは吸収スペクトル上のシフトの巾から、またRCPではカロテノイドとアポタンパク質の結合量比が一定でないことから、YCP、

RCPともCheesmanら<sup>1)</sup>の定義による真のCPであるかどうかは疑わしい。ハタハタ卵のCPの物理化学的性質、組成について調べた結果、YCP、RCPは各々14.6%、16.8%の脂質を含み、糖、アミノ糖を含まない、リポタンパク質であることを示していた。脂質の中でも、ステロール、リン脂質などが多く、孵化後の体構成成分の供給源として重要であることを示唆している。吸収スペクトル上、シフトの巾は、YCPで5 nm、RCPで42 nmと真のCP、クラスシアニンなどの162 nmより著しく短く、結合様式の違いが予想された。分子量は、ポリアクリルアミドグラジェントゲル電気泳動によって、YCPは402,000、RCPは415,000という値を与えた。YCP、RCPともpHの変化に対しては安定であるが、イオン強度の低下に対しては不安定であった。

ハタハタ卵のCPは卵黄タンパク質の90%以上を占め、そのアミノ酸組成、脂質組成、及び物理化学的性質、さらにセルローズアセテート膜電気泳動の結果を総合してみると、鶏卵や甲殻類、両生類で報告されているリポビテリンに相当すると考えられる。

5. ハタハタ卵のCPの生理的役割について調べた結果、オボルビンで報告されているようなCa-ATPase、Mg-ATPase活性は認められず、またトリプシンインヒビターとしての活性も示さなかった。

ハタハタ卵のCPがカロテノイド-リポビテリンであると考えられることから、卵黄タンパク質として、孵化後の体構成成分の蓄積を担っていることは明らかであるが、こうした中で、カロテノイドがどのような役割を果たしているのかは明らかでない。カロテノイドとアポタンパク質との結合実験、自然光下での安定度からみて、カロテノイドやアポタンパク質相互の安定、光酸化からの防御に寄与しているように見える。それ以上に、孵化後に何らかの役割をもっているのかもしれない、さらに研究を要する。

6. ハタハタ卵中には、こうしたCP以外に緑色のビリベルジンを補欠分子団とする胆汁色素タンパク質が存在した。

ハタハタ卵の胆汁色素タンパク質は、ウナギの血清中の胆汁色素タンパク質（胆汁色素糖リポタンパク質）とは異なり、ビリベルジン単純タンパク質結合体で、水産動物の卵中に見出されている胆汁色素タンパク質としては、非常に特異的である。

分子量は、S D S電気泳動法、ゲルろ過法で同じく、46000と卵の胆汁色素タンパク質としては著しく小さかった。ハタハタ卵の胆汁色素タンパク質は電気泳動上極めて高い易動度を示し、pHの変化に対して安定であったが、イオン強度の低下に対して不安定で不可逆的乖離を起こした。ポリアクリルアミドゲルスラブ電気泳動によって精製し、超速心分析によって単一な胆汁色素タンパク質として認められたものが、等電点電気泳動によると4成分もしくは5成分に分れ複雑であった。

ハタハタ卵の胆汁色素タンパク質の生理的役割については明らかでない。

7. ハタハタ卵のC Pは、カロテノイドーリポビテリンの一種と考えられる。こうしたカロテノイドーリポビテリンがどのようにして蓄積されるのかについて、今までの報告から次のように考えられる。すなわち、ハタハタの卵母細胞が成熟過程に入ると、ろ胞細胞よりエストロジェンが放出され、エストロジェンは、脳下垂体より性腺刺激ホルモン（G T H）の産生、肝臓中での卵黄タンパク質産生を促す。卵黄タンパク質形成にはタンパク質や脂質が動員されるが、その時、肝臓中に存在したイドザンチンやクラスタザンチンも卵黄タンパク質前駆体に取り込まれ、卵に蓄積されると考えられる。

ビタミンA<sub>2</sub> アルデヒドも同様にして取り込まれると考えられるが、ビタミンA<sub>2</sub> アルコール、ビタミンA<sub>2</sub> アルデヒドがどのように生合成されるかについては、さらに検討が必要である。

8. ハタハタ卵の卵色には3つの色素タンパク質が関与していて、そのうち、Y C Pと胆汁色素タンパク質とは量的に卵色による差は小さく、卵色を左右するのはR C P（イドザンチンの量）であると言える。

こうしたことから、卵色はYCPと胆汁色素タンパク質が混ざり合った緑色が基本となり、RCPが加わることによって決定され、量が少ないと緑色、多くなるに従って赤色から褐色となると考えられる。

# 参 考 文 献

- 1) D. F. Cheesman, W. L. Lee and P. F. Zagalsky : Biol. Rev., 42, 132-160 (1967)

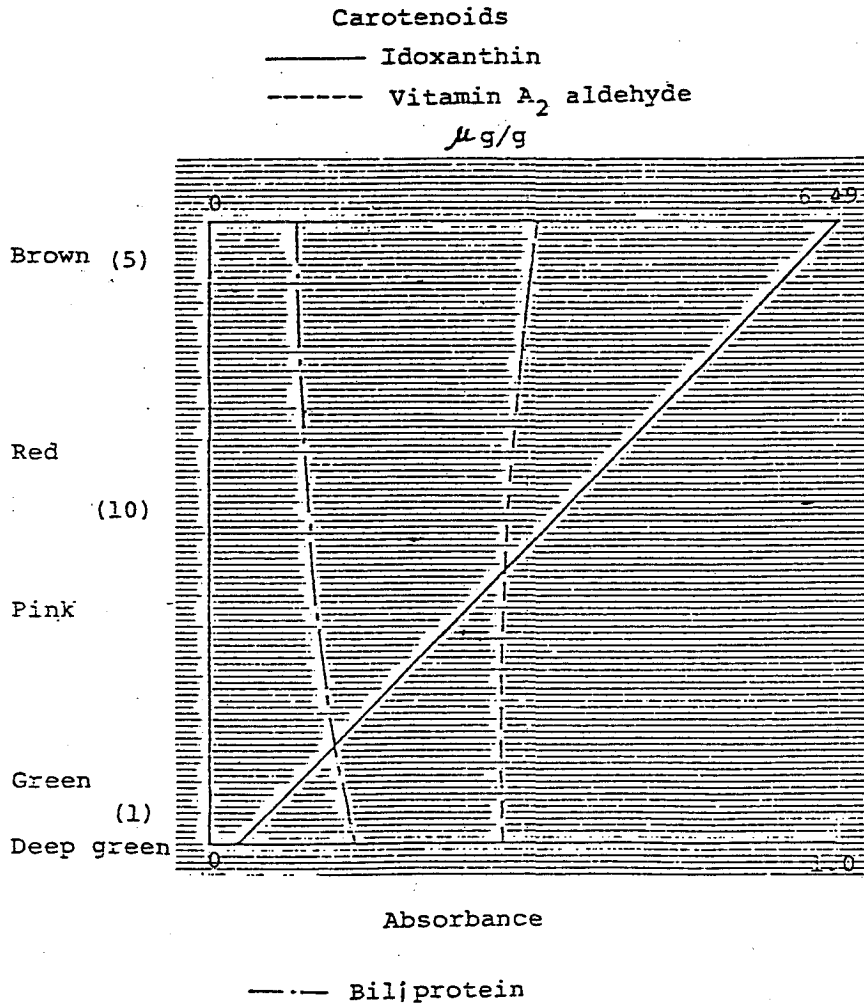


Fig. 1. Relation between color and amount of pigments.



## 審 査 結 果 の 要 旨

ハタハタの卵は青緑色から赤褐色まで多様な色調を有しており、その色素については、魚類の卵としては殆んど例を見ないカロテノプロテインの存在が予想せられ比較生化学的に興味をもたれ、カロテノイドの生理的意義を追及するための材料としても好適と考えられた。本論文は、ハタハタ卵のカロテノイド組成をしらべ、ビタミンA<sub>2</sub>アルデヒド、イドザンチン、クラスタザンチンよりなることを明らかにし、さらにこれらカロテノイドは、リボビテリン様の蛋白質と複合体を形成し、水溶性で存在することを明らかにした。ビタミンA<sub>2</sub>アルデヒドは黄色の、イドザンチンは赤色のカロテノプロテインを形成し、黄色のカロテノプロテインはすべての卵にはほぼ同濃度に存在するが、赤色のカロテノプロテインは卵の色調により濃度が異なる。カロテノプロテイン中のカロテノイド量は、ビタミンA<sub>2</sub>アルデヒドの場合はほぼ一定であるが、イドザンチンは一定していない。クラスタザンチンは含量が非常に少ない。ハタハタ卵にはカロテノプロテインのほか、ビリベルジンを補欠分子団とする青緑色の胆汁色素蛋白質があることを明らかにした。この蛋白質は単純蛋白質である。ハタハタ卵の色は、以上二種のカロテノプロテインと一種の胆汁色素蛋白質からなっており、イドザンチンを補欠分子団とするカロテノプロテインの含量が主として色調を支配していることを明らかにした。甲殻類の卵に存在するカロテノプロテインであるオボルビンで報告されているCa-ATPase、Mg-ATPase活性や、トリプシンインヒビター活性はハタハタ卵のカロテノプロテインには認められなかった。

以上本論文は、ハタハタ卵の色を構成する色素を分離同定してその性質を調べ、色の多様性を示す理由を明らかにした。魚類の卵としては始めてカロテノプロテインの存在を明らかにし、またその補欠分子団がビタミンA<sub>2</sub>アルデヒドおよび、イドザンチンであることは始めて知られた例であり、ビタミンA<sub>2</sub>アルデヒドが魚卵に存在することも極めて少ない例である。さらにビリベルジンを補欠分子とする胆汁色素蛋白質も、魚類は勿論、水産動物を通じて卵で特異な例であるなど、多くの新知見を含み、審査員一同、農学博士の学位を授与するに値するものと認めた。